

DOI:10.16544/j.cnki.cn43-1494/u.202304122024081979

文章编号:1674-599X(2024)04-0129-07

引用格式:胡功宏,杨茂山,袁文波.城市道路平交口左转专用车道类型及设计长度研究[J].交通科学与工程,2024,40(4):129-135.

Citation: HU Gonghong, YANG Maoshan, YUAN Wenbo. Research on the type and design length of left turn special lane at urban road level intersections[J]. J Transp Sci Eng, 2024, 40(4): 129-135.

城市道路平交口左转专用车道类型及设计长度研究

胡功宏,杨茂山,袁文波

(安徽理工大学 土木建筑学院,安徽 淮南 232001)

摘要:为了解决城市道路平面交叉口左转车流引起的交通拥堵,提高交叉口的通行能力和安全水平,以十字形交叉口左转专用车道为研究对象,总结了城市道路平面交叉口左转专用车道的设计类型。针对当前国内平面交叉口左转车道设计长度不足的问题,选取典型交叉口对其高峰时段左转车流的转弯情况进行调查,根据运动学方程和车流波动理论推算向上游延伸的最长排队距离,从而提出左转专用车道长度的新算法。该算法考虑了车辆之间的传递性、延迟性、连续性特征,由其计算得到的设计长度可以减少左转车辆在交叉口引起的停车延误,提高交叉口的通行效率。

关键词:左转车道;连续流;车流波动理论;减速长度

中图分类号:U412.351

文献标志码:A

Research on the type and design length of left turn special lane at urban road level intersections

HU Gonghong, YANG Maoshan, YUAN Wenbo

(School of Civil Engineering and Architecture, Anhui University of Science & Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: To address the traffic congestion caused by left turn traffic flow at urban road intersections and to improve intersection capacity and safety, various design types of left-turn lanes were summarized. According to the current inadequacy in the design length of left-turn lanes at domestic intersections, typical intersections were selected to study the turning process of left-turn traffic during peak hours. By using kinematic equations and traffic flow fluctuation theory to estimate the maximum queue length extending upstream, a new algorithm for determining the length of left-turn lanes was proposed. This algorithm considers the transmission, delay, and continuity characteristics between vehicles. Using the design length calculated by the new algorithm can reduce parking delays caused by left-turning vehicles and enhance traffic efficiency at intersections.

Key words: left-turn lane; continuous flow; traffic flow fluctuation theory; deceleration length

近年来,我国经济稳步增长,城市化进程加快,城市机动车数量迅猛增加,交通拥堵已经成为城市交通的最主要问题,特别是在城市道路交叉口,严

重影响了城市居民的工作和生活,给社会经济发展带来了很大的负面效应,也降低了人民生活的幸福感。因此,解决城市道路交叉口的交通拥堵问题已

收稿日期:2023-04-12

基金项目:安徽省住房城乡建设厅科学技术计划项目(2015YF-12);安徽理工大学2022年大学生创新创业训练计划项目(S202210361058)

通信作者:胡功宏(1979—),男,讲师,主要从事道路工程方面的研究工作。E-mail:hugonghong@163.com

投稿网址:https://jtkxygc.csust.edu.cn/jtkxygc/home

成为当务之急,而交叉口左转车流又极易造成交通拥堵。据调查,很多城市道路交叉口左转专用车道设计不合理,从而造成了交通延误和拥堵,例如,左转车道上排队等候的车辆过多而占用了直行车道,导致直行车流被堵,或者直行车道上排队等候的车辆过多,而左转车流被堵在直行车道上不能变道。因此,城市道路交叉口左转专用车道设计是否合理在一定程度上决定了城市道路交叉口的通行是否通畅。

近年来,左转车道的优化设计已引起了国内外众多学者的关注。城市道路平面交叉口左转专用车道可以分为两大类:常规左转车道和偏置左转车道。常规左转车道在临近交叉口通过交通标线的形式标明车道的类型,包括减速段和排队段两部分;偏置左转车道包括车流侧移行驶渐变段、减速段和排队段三部分。研究表明^[1-7],无论是哪一类左转专用车道,其设计长度都直接影响着交叉口的通行效率。文献[1-2]运用排队论对交叉口左转车道的存储段长度进行了分析计算。文献[3-7]分别就交叉口左转车道的通行能力、优化控制、设置长度对交通延误和信号控制的影响进行了研究。文献[8]运用车流波动理论对城市道路偏置右转专用车道的长度进行了系统的推理计算,并给出了计算方法和公式。

从国内外研究现状可以看出,左转专用车道设计还存在以下突出问题:1) 对左转车道的设计研究较多,但都不够系统和具体,且分类不明确,车道长度设计计算指标取值不尽合理,导致对交叉口交通拥堵的缓解作用有限;2) 在左转车流排队长度(存储段长度)的计算中,对车流运行状态的制约性、传递性和延迟性考虑得不够全面,导致设计长度偏小,满足不了实际的交通需求,制约了交叉口的通行效率。

1 左转专用车道设置方式

目前城市道路平面交叉口设置左转专用车道的方式主要有以下几种:

1) 常规形式(路口不拓宽型)。

在临近交叉口时,将靠近中央分隔带(或道路中线)的一条行车道通过交通标志及标线的形式划为左转专用车道,引导左转车流进入该车道进行左转,如图1所示。

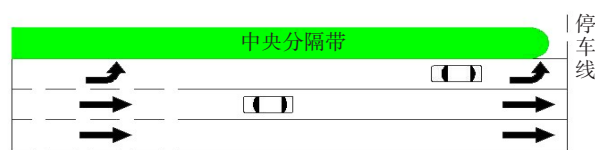
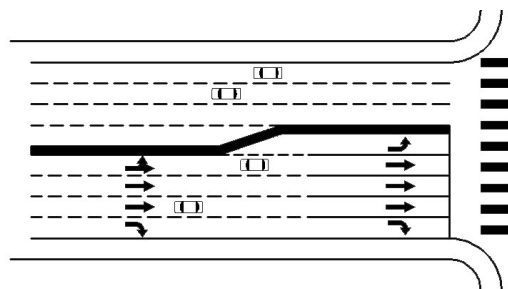


图1 常规左转专用车道设置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of general left-turn lane

2) 占用对向行车道的形式。

这种形式有两种不同的方式,一种是当原道路上不存在中央分隔带时,可以偏移原道路中线,直接占用对向一条车道设置左转专用车道,如图2(a)所示。另一种方式更加灵活,可根据道路双向交通流量的具体情况,采用“潮汐路口”,即在规定的时段施行“借道左转”的交通组织措施,通过设置“借道左转”的指示信号灯、电子诱导屏等交通标志、标线、设施,确保驾驶人提前了解相关情况,让左转车流安全、有序通行,如图2(b)所示。



(a) 偏移道路中线直接占用对向车道



(b) 借用对向车道(潮汐式)

图2 占用对向车道设置左转专用车道示意图

Fig. 2 Schematic diagram of setting a left-turn lane in the opposite lane

3) 压缩中央分隔带的形式。

当原道路上的中央分隔带足够宽时,可以通过压缩中央分隔带的宽度设置左转专用车道,如图3所示。

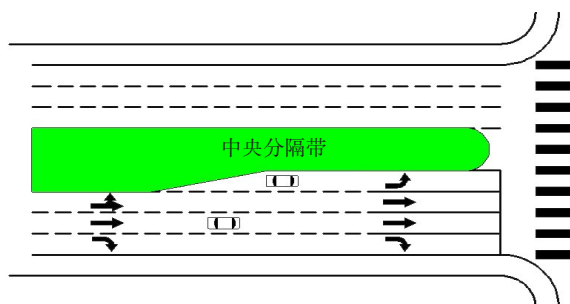


图3 压缩中央分隔带设置左转专用车道示意图

Fig. 3 Schematic diagram of setting left-turn lane in compressed median

这种设置方式仅适用于中央分隔带较宽的情况,直接通过压缩中央分隔带来设置左转专用车道,其改造工程量相对较小。对于新建道路,压缩后的中央分隔带的宽度不宜小于2.0 m,而对于改建项目,中央分隔带的宽度不得小于1.5 m。

4) 消除停车带的形式。

在有路边停车区域的道路上,临近交叉口禁止停车,就可以在路边停车带的基础上,适当压缩交叉口车道宽度,设置左转专用车道,如图4所示。

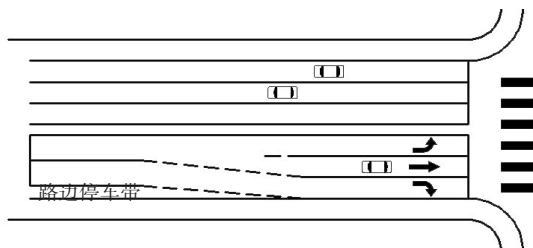


图4 消除路边停车带设置左转专用车道示意图

Fig. 4 Schematic diagram of eliminating roadside parking zone and setting left-turn lane

5) 压缩非机动车车道的形式。

当原道路上的非机动车车道足够宽时,在进行交叉口渠化改造设计时,可适当收窄进口道并压缩非机动车车道,设置左转专用车道,如图5所示。

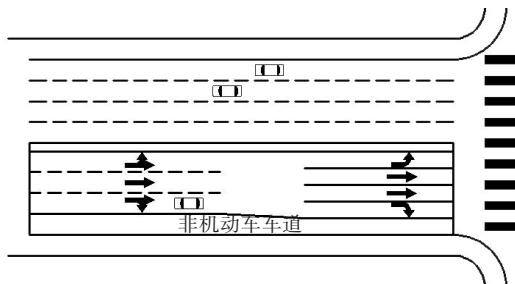


图5 压缩非机动车车道并收窄进口道示意图

Fig. 5 Schematic diagram of compressing non-motorized lane and narrowing entrance road

该方式通过预留空间,收窄进口车道,增设交通标线来设置左转专用车道,从而有效降低了车辆

在交叉口范围内的车速,这在一定程度上有利于提升交叉口的交通安全水平和道路通行效率。

6) 外置左转车道的形式。

外置左转车道是近年来出现的一种新的左转专用车道设置形式,是在交叉口直行车道和右转车道之间设置一条或一条以上的车道专供车辆左转,如图6所示。

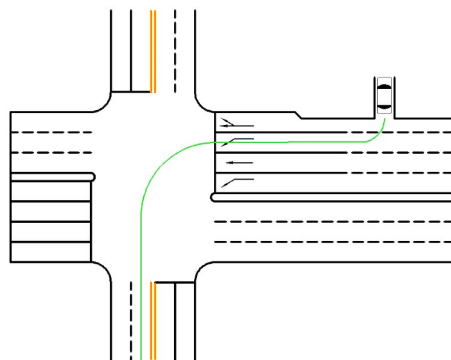


图6 外置左转专用车道示意图

Fig. 6 Schematic diagram of external left-turn lane

外置左转车道的设置主要用于下列两种情况:

① 掉头半径不足的路口。如果道路没有设置足够宽的中央分隔带,左转车道设置在道路左侧会导致车辆掉头半径不足,特别是对公交车等大型车辆来说,一次转弯难以完成掉头,需要连续变向甚至反复倒车才能掉头,这样不仅造成了交通延误,也有很大的安全隐患,如图7~8所示。② 左转车辆需连续变道的进口。当道路比较宽,车道较多,上游路口右转车辆在此路口需要左转,或临近路口有支路、匝道汇入主路的交通流且以左转车辆为主时,若按照常规设置左转车道,会导致需要左转的车辆横穿多条车道,车辆在较短的距离内多次变道必然会在路口产生严重的车流交织,进而引发交通拥堵甚至交通事故。

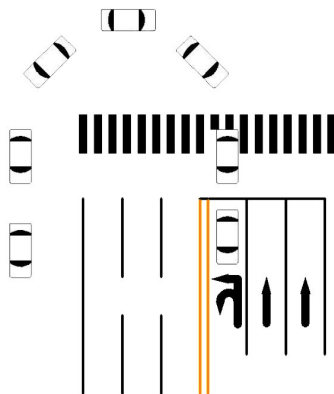


图7 车辆通过内置左转车道掉头

Fig. 7 Vehicle turns around through the built-in left-turn lane

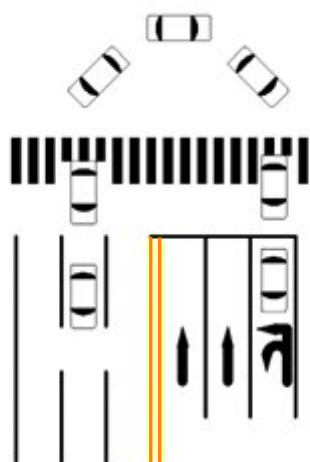


图8 车辆通过外置左转车道掉头

Fig. 8 Vehicle turns around through the external left-turn lane

因此,在上述两种情况下,宜在交叉口增设“左转右置”的专用左转车道,且要设置相应的左转标线、标志、信号灯来进行提示。实际调查发现,在外置左转专用车道上车辆转弯速度比常规内置左转车道上车辆的转弯速度更快,重型车和小轿车在这两种左转车道上转弯速度的差异均较明显。

大型机动车的转弯半径比一般小轿车的要大,一些转弯半径较小的路口不能使大型机动车通过一次转弯就实现左转的目的,而外置左转专用车道不用通过加宽交叉口即可解决此类问题。另外,车辆在路口连续转弯,从最右侧车道行驶到左转车道的时候,会和主路直行车道上的车辆发生冲突,这样难免会发生车辆交织冲突(图9)。而外置左转专用车道会减少车辆的冲突,避免此类现象的发生。

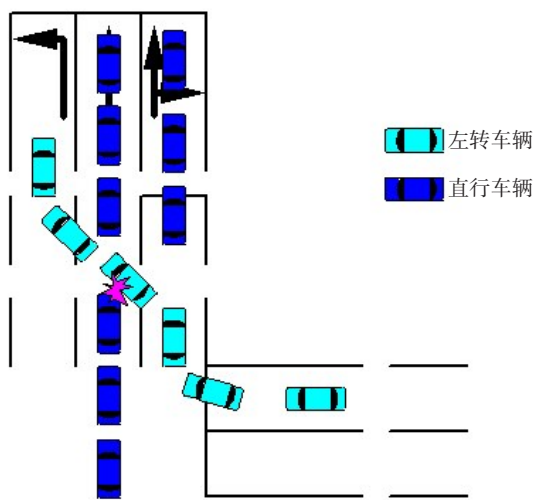


图9 连续转弯车辆左转冲突示意图

Fig. 9 Schematic diagram of left-turn conflict of continuous turning vehicles

7) 混合形式。

在实际的交叉口优化设计过程中,由于道路用地有限,设置单一左转车道并不一定适用于所有交叉口,而是需要根据实际情况,选择其中的几种设置方式进行混合优化设计。例如,当路边停车带宽度比左转车道所需宽度要小时,仅仅消除停车带并不能使左转专用车道达到车辆顺畅通行的宽度,所以在设计时,可将消除停车带、偏移中心线(压缩中央分隔带)及压缩车道宽度等措施结合起来设置左转专用车道;对于需要满足大型车通行的交叉口,可以根据实际交通量,同时设置内置左转车道和外置左转车道;对于用地有限,对向交通流量存在巨大差异,且左转车流量较大的交叉口,可把相邻进口车道设为可变车道^[9],利用信号相位进行控制,借道左转,以提升交叉口的通行能力^[10]。

在一些有大量非机动车和人流聚集的交叉口,在设置左转专用车道需要拓宽交叉口时,还需要增设各种交通指示灯、引流标志、照明安全灯等设施。需要注意的是,不宜过分压缩非机动车车道和人行横道,否则会造成非机动车与行人的拥挤,干扰机动车通行,进而导致交叉口交通延误和堵塞。

2 左转专用车道长度计算方法

左转专用车道的设置类型众多,且随着交通科技的发展,智能交通的应用,还会有更多的设计类型,但它们都可以被归入常规类型和偏置类型两大类中。下面采用车流波动理论对这两种类型左转车道合理长度的计算方法进行探讨。

2.1 偏置左转专用车道

以信号交叉口偏置左转专用车道为例进行分析。左转专用车道的长度包括渐变段、减速段和存储段,如图10所示。

偏置左转专用车道减速长度(包括渐变段和减速段)的计算原理和公式与偏置右转专用车道的相同。大量调研发现,在同一个交叉口的连续车流状态下,左转车流的速度普遍比右转车流的小,左转车流的减速度普遍比右转车流的大。因此,在计算车道减速长度 L_d 时,在渐变段 L_1 的计算中,减速度取为 2 m/s^2 ,渐变段的行驶时间取为 2.5 s ;在减速段 L_2 的计算中,减速度取为 3 m/s^2 。

对于不同等级的城市道路,偏置左转专用车道的减速长度的计算值与推荐值见表1。

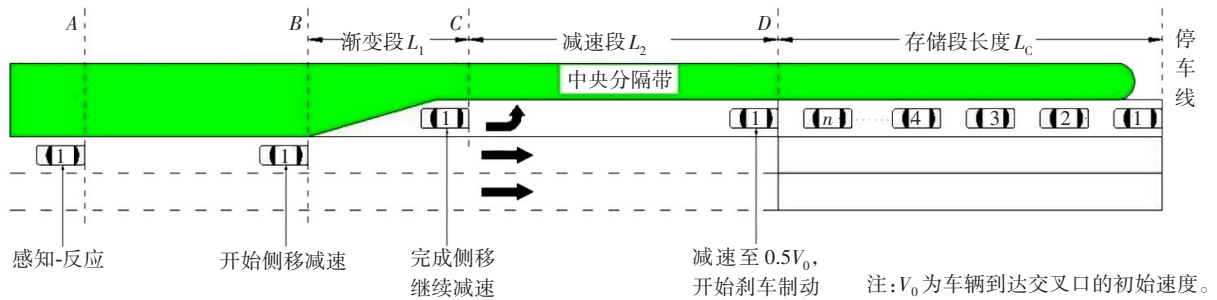


图10 受信号控制左转偏移车流运行过程示意图

Fig. 10 Schematic diagram of the operation process of left-turn offset traffic flow controlled by signal

表1 偏置左转专用车道减速长度

Table 1 Deceleration length of offset left-turn lane

道路等级	设计速度/ (km·h ⁻¹)	计算值			L _j 推荐值/m
		L ₁ /m	L ₂ /m	L ₃ /m	
快速路	100	63.19	83.91	147.10	150
	80	49.31	51.76	101.07	105
	60	35.42	27.33	62.75	70
主干路	60	35.42	27.33	62.75	65
	50	28.47	18.00	46.47	55
	40	21.53	10.61	32.14	40
次干路	50	28.47	18.00	46.47	50
	40	21.53	10.61	32.14	35

到达交叉口的左转车辆到达B点后,经过两次减速到达D点,遇到左转红灯,开始刹车制动,第一辆车在停车线前速度减至0(停车等候),后续车辆依次停车,车流形成了一个集结波,这种情形可用车流波动理论来分析。交通流经历疏散(状态1)与集结(状态2)两种状态,根据车流波动理论可以算出这两种状态下的车流流率、速度和密度。

1) 状态1。

$$\text{车流速度: } u_1 = 0.5V_0 \quad (1)$$

车流流率 Q_1 的取值分以下两种情况:

① 新建道路。

$$Q_1 = Q_{dl} \quad (2)$$

式中: Q_{dl} 为一条左转车道的设计交通量,可通过预测得到。

② 运营道路。

$$Q_1 = Q_{lm}, N_{lt} \leq Q_{lm} \quad (3)$$

$$Q_1 = N_{lt} = \frac{3600}{T_c} \left(\frac{t_{\text{黄绿}} - t_0}{h_t} \right) K_{lc}, N_{lt} > Q_{lm} \quad (4)$$

式中: Q_{lm} 为一条左转车道高峰时段交通量,可通过现场观测得到,辆/h; N_{lt} 为一条左转专用车道的通行能力,辆/h; T_c 为交叉口一个信号周期时长,s; $t_{\text{黄绿}}$ 为交叉口进口道一个信号周期内黄灯和绿灯的总时

长,s; t_0 为左转车启动损失时间,s; h_t 为左转车流平均车头时距,s; K_{lc} 为左转大型车比例修正系数,当 $0.0 \leq H_{vr} < 0.4$ 时, $K_{lc} = 1 - 0.031H_{vr}$,当 $0.4 \leq H_{vr} \leq 1.0$ 时, $K_{lc} = 1 - 0.007H_{vr}$; H_{vr} 为左转大型车所占比例。

在计算左转车道的合理长度时,假设一个信号周期内的排队车辆正好完全消散,没有二次排队。

$$\text{车流密度: } K_1 = \frac{Q_1}{u_1} = \frac{2Q_1}{V_0} \quad (5)$$

2) 状态2。

$$\text{车流速度: } V_2 = 0 \text{ km/h} \quad (6)$$

$$\text{车流密度: } K_2 = K_j = \frac{1000}{\bar{h}_d} \text{ 辆/km} \quad (7)$$

$$\text{车流流率: } Q_2 = V_2 K_2 = 0 \text{ 辆/h} \quad (8)$$

在《城市道路工程设计规范》(CJJ 37—2012)^[11]中规定小客车的标准车长为6 m,左转车流排队平均车辆间距为2 m,故平均车头间距 $\bar{h}_d = 6 + 2 = 8 \text{ m}$ 。

左转车流所形成的集结波的波速 w 为:

$$w = \frac{Q_2 - Q_1}{K_2 - K_1} = \frac{Q_1 V_0}{2Q_1 - 125V_0} \quad (9)$$

在一个信号周期内不发生二次排队情况下,存储段长度为交叉口上游最大排队长度,计算式为:

$$L_c = \frac{wT_c}{3.6} = \frac{Q_1 V_0 T_c}{7.2Q_1 - 450V_0} \quad (10)$$

式中: L_c 为存储段长度,m。

因此,受信号灯控制的左转专用车道长度为:

$$L = L_1 + L_2 + L_c = L_j + \frac{Q_1 V_0 T_c}{7.2Q_1 - 450V_0} \quad (11)$$

当考虑交叉口进口道红灯时,直行车流排队长度要保证左转车流不受阻,此时还应核验左转专用车道的长度,即在 L 与 L_p 中取较大值^[12]。

$$L_p = n l_i \quad (12)$$

式中: L_p 为一次红灯时长内直行车流排队长度,m; n 为一次红灯时长内单条直行车道上排队直行的平均车辆数; l_i 为排队直行车辆的平均车头间距,换算为小客车时, $l_i = 8.0 \text{ m}$ 。

$$n = \frac{Q_z \cdot t_n}{3600 \cdot m} \quad (13)$$

式中: t_n 为一个信号周期内直行方向的红灯时长, s;
 m 为直行车道数; Q_z 为直行车流设计交通量, 辆/h。

因此, 受信号灯控制的左转专用车道设计长度为:

$$L_{\text{设计}} = \{L_j + L_c, L_p\}_{\max} \quad (14)$$

在实际的偏置左转专用车道设计时, 其设置长度可依据式(14)计算确定。 L_j 可参照表1选取, 存

储段长度 L_c 可根据式(10)计算得到, L_p 可根据式(12)计算得到。

2.2 常规左转专用车道

对于常规左转专用车道, 为避免直行车道的车辆和左转弯道的车辆相互干扰, 其长度应满足存储段长度的要求, 即在该长度范围内禁止车辆变更车道, 车道线应设置为实线。同时, 需要提前设置左转标线, 设置位置如图11所示。

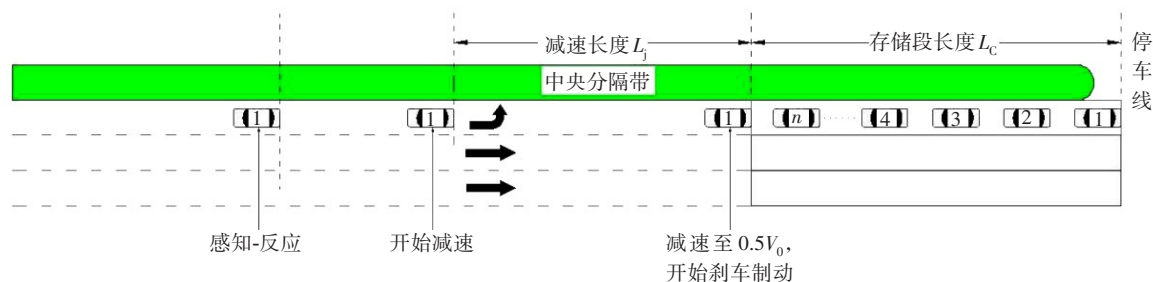


图11 受信号控制左转常规车流运行过程示意图

Fig. 11 Schematic diagram of the operation process of left-turn normal traffic flow controlled by signal

左转交通标线到实线的距离为车辆减速长度, 其计算值与推荐值见表2。

表2 常规左转专用车道减速长度

Table 2 Deceleration length of normal left-turn lane

道路等级	设计速度/(km·h ⁻¹)	L_j 计算值/m	L_j 推荐值/m
快速路	100	96.45	100
	80	61.73	65
	60	34.72	40
主干路	60	34.72	35
	50	24.11	30
	40	15.43	20
次干路	50	24.11	25
	40	15.43	15

左转车道设计长度(实线范围)为:

$$L_{\text{设计}} = \{L_c, L_p\}_{\max} \quad (15)$$

3 讨论

1) 原则上, 城市道路交叉口在快速路和主干路上, 只要路口允许左转就需要在交叉口进口道设置相应的左转专用车道, 次干路可根据具体的道路、交通环境进行设置。不同类型左转车道的设置都可归纳为常规类和偏置类两种, 其设计长度的计算都可参照上述方法执行, 计算参数可根据具体情况灵活调整。对于在交叉口设置两条以上的左转专用

车道, 可根据其类型分别计算合理设计长度。

2) 虽然左转专用车道可在很大程度上缓解交通拥堵, 但这并不意味着任何情况下左转专用车道都不可或缺, 在以下几种情况下, 可以考虑不设置左转专用车道: ① 交叉口左转交通量很小或者交通运行分析表明此路段确实没有必要设置。② 道路通行权限有严格制约的地方, 如城市商业管理中心和单行道路段。③ 对于规划新建的交叉口, 如果交叉口进口较窄, 最多只能设置两条车道, 若直接设置左转专用车道, 仅留一条车道供直行和右转车辆行驶, 会严重影响道路通行效率。此时, 可暂时不设左转专用车道, 而应在交叉口投入使用一段时间后, 再根据实际交通数据分析左转专用车道是否有设置的必要。④ 若增设左转专用车道会影响原先人行横道的布置, 阻碍来往人流, 则需要重新考虑是否设置左转专用车道。在实际生活中, 设置左转专用车道时需要考虑实际的交通需要, 同时应体现以人为本的理念, 设计出更为人性化的道路。

4 结论

1) 总结了城市道路左转专用车道的设置类型, 将设置类型归纳为常规左转车道和偏置左转车道两大类。

2) 通过对城市道路平面交叉口左转专用车道

连续流运行特征的微观分析,充分考虑连续流运行状态的连续性、传递性和延迟性,应用车流波动理论,提出了左转专用车道长度的新算法。

研究成果为交叉口左转专用车道的长度设计提供了很好的依据,对于解决城市道路交叉口的交通拥堵问题具有很好的参考价值。

参考文献(References):

- [1] 王京元,王炜.保护相位下左转车道存储段长度计算[J].东南大学学报(自然科学版),2010,40(4):852-859. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0505.2010.04.036.
WANG Jingyuan, WANG Wei. Calculation of storage lengths for left-turn lanes with protected phases [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2010, 40(4): 852-859. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0505.2010.04.036.
- [2] 王京元,王炜.许可相位下左转车道存储段长度计算[J].土木工程学报,2011,44(9):114-123. DOI: 10.15951/j.tmgxcb.2011.09.009.
WANG Jingyuan, WANG Wei. Calculation of storage lengths for left-turn lanes with permitted phases [J]. China Civil Engineering Journal, 2011, 44(9): 114-123. DOI: 10.15951/j.tmgxcb.2011.09.009.
- [3] 雒莎莎,陈为江,潘兵宏,等.新型连续流平面交叉左转车道最小长度研究[J].公路,2021,66(4):193-201.
LUO Shasha, CHEN Weijiang, PAN Binghong, et al. Research on the minimum length of left-turn lane in new continuous flow intersection [J]. Highway, 2021, 66(4): 193-201.
- [4] 何高杰.城市道路信控交叉口左转车道通行能力研究[D].长沙:湖南大学,2014.
HE Gaojie. Research on capacity of left turn lane at signalized intersection [D]. Changsha: Hunan University, 2014.
- [5] 杨晓芳,王影.动态出口左转车道控制优化研究[J].交通信息与安全,2021,39(5):85-92. DOI: 10.3963/j.issn.1674-4861.2021.05.011.
YANG Xiaofang, WANG Ying. Optimization control of dynamic use of exit-lanes for left-turn traffic [J]. Journal of Transport Information and Safety, 2021, 39(5): 85-92. DOI: 10.3963/j.issn.1674-4861.2021.05.011.
- [6] 潘弘,吴兵,李林波.拓宽的左转车道长度对延误影响的仿真分析[J].交通信息与安全,2009,27(1):145-148,140. DOI: 10.3963/j.issn.1674-4861.2009.01.038.
PAN Hong, WU Bing, LI Linbo. Simulation analysis for impact of widened length of left-turn lane on delay [J]. Journal of Transport Information and Safety, 2009, 27(1): 145-148, 140. DOI: 10.3963/j.issn.1674-4861.2009.01.038.
- [7] 张驰,陈昕.左转展宽车道长度不足的交叉口信号控制研究[J].辽宁工业大学学报(自然科学版),2017,37(4):277-280. DOI: 10.15916/j.issn1674-3261.2017.04.015.
ZHANG Chi, CHEN Xin. Research on intersection signal control of insufficient length of left-turn widening [J]. Journal of Liaoning University of Technology (Natural Science Edition), 2017, 37(4): 277-280. DOI: 10.15916/j.issn1674-3261.2017.04.015.
- [8] 胡功宏.城市平交口偏置右转专用车道长度计算方法[J].安徽理工大学学报(自然科学版),2017,37(5):14-17. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1098.2017.05.004.
HU Gonghong. Calculation method of offset exclusive right-turn lane in urban road intersections [J]. Journal of Anhui University of Science and Technology (Natural Science), 2017, 37(5): 14-17. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1098.2017.05.004.
- [9] 招晨,陈亮胜,许倩,等.基于逆向可变车道动态控制的交叉口信号优化[J].交通科学与工程,2022,38(4):116-123. DOI: 10.16544/j.cnki.cn43-1494/u.2022.04.006.
ZHAO Chen, CHEN Liangsheng, XU Qian, et al. Intersection signal optimization based on dynamic control of reverse variable lanes [J]. Journal of Transport Science and Engineering, 2022, 38(4): 116-123. DOI: 10.16544/j.cnki.cn43-1494/u.2022.04.006.
- [10] 王文静.广州市城市道路交叉口借道左转应用设计[J].公路与汽运,2023(2):22-24,43. DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2023.02.006.
WANG Wenjing. Application design of turning left at urban road intersections in Guangzhou [J]. Highways & Automotive Applications, 2023(2): 22-24, 43. DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2023.02.006.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市道路工程设计规范:CJJ 37—2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of urban road engineering: CJJ 37—2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [12] 武汉市建设委员会,武汉市公安局交通管理局.武汉市城市道路平面交叉口规划、设计、管理技术规定:WJG203—2006[S].武汉:武汉市建设委员会办公室,2006.
Wuhan Construction Commission, Wuhan Public Security Bureau Traffic Management Bureau. Planning, design and management mechanical regulations for at-grade intersections on urban street in Wuhan: WJG203—2006 [S]. Wuhan: the Office of Wuhan Construction Commission, 2006.

(责任编辑:石月珍;英文编辑:张洪)